



日本のエネルギーを考える

～原子力発電所 再稼働の現場から～



一般社団法人日本電機工業会

THE JAPAN ELECTRICAL MANUFACTURERS' ASSOCIATION

〒102-0082 東京都千代田区一番町17番地4 TEL. 03-3556-5886 FAX. 03-3556-5890 (原子力部)

<http://www.jema-net.or.jp>



一般社団法人日本電機工業会

THE JAPAN ELECTRICAL MANUFACTURERS' ASSOCIATION
<http://www.jema-net.or.jp>

はじめに

この冊子を手にとっていただき、ありがとうございます。

東日本大震災、そして東京電力福島第一原子力発電所事故から5年が経過した今なお、福島では約10万人の方々が避難生活を続けておられる中で、原子力発電所の運転を再開するってどういうことでしょうか。本当に再稼働して大丈夫なのでしょうか。そういった皆様の疑問に対し、皆様自身で考えていただく手助けになれば良いと思い、この冊子を作ることとしました。

私たち電機業界は、被災した皆様へ心よりお見舞い申し上げるとともに、被災地の復興支援と福島第一原子力発電所の廃炉に向けた着実な推進に、最大限の努力で取り組んでいます。

2014年4月に政府が策定した「エネルギー基本計画」で、エネルギーの安定的な確保は国の安全保障にとって不可欠なものであり、エネルギー政策は、安全性を前提とした上で、エネルギーの安定供給を第一とし、経済効率の向上による低コストでのエネルギー供給を実現し、同時に環境への適合性を図るため最大限の取り組みを行うこととされました。

原子力については、安全性の確保を大前提に、エネルギー需給構造の安定性に寄与する重要なベースロード電源とし、2015年7月の「長期エネルギー需給見通し」では、2030年の電源構成に占める原子力発電の割合は20～22%とされ、また、この需給見通しとともに2015年の国際会議COP21で日本の2030年温室効果ガス削減量は2013年度比マイナス26%との目標も示されました。これらを達成するには、現在停止している原子力発電所の安全性を高めた上で、再稼働することは欠かせません。

この冊子は、これまで再稼働に至った原子力発電所の現場の方や、それをサポートしてきた原子力メーカの方々のお話を中心にまとめたものです。皆様も安全性を向上させた原子力発電所について考えてみませんか。

平成28年3月

一般社団法人 日本電機工業会

日本のエネルギーを考える

～原子力発電所 再稼働の現場から～



日本のエネルギー事情 バランスのとれた「エネルギーミックス」が大切です ————— 4



新たな規制基準 日本の原子力規制は世界で最も厳しいレベルへ ————— 6



再稼働への取り組み

九州電力株式会社 川内原子力発電所 全国で初めて新規規制基準に適合し通常運転を再開する ————— 8

JANSI 一般社団法人原子力安全推進協会 原子力のエキスパート集団として安全性・信頼性の向上を牽引する ————— 12

四国電力株式会社 伊方発電所 運転再開を目指してさらなる安全性向上に力を注ぐ ————— 14



安全への取り組み・メーカー編

三菱重工業株式会社 エネルギー・環境ドメイン プラントの設計から工事まで川内原子力発電所の再稼働に尽力 ——— 16

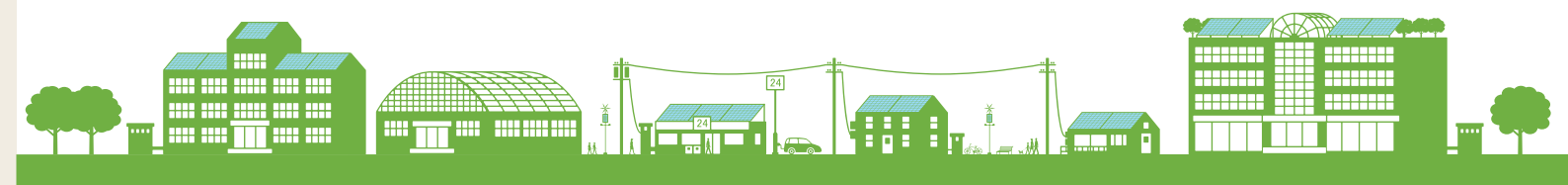
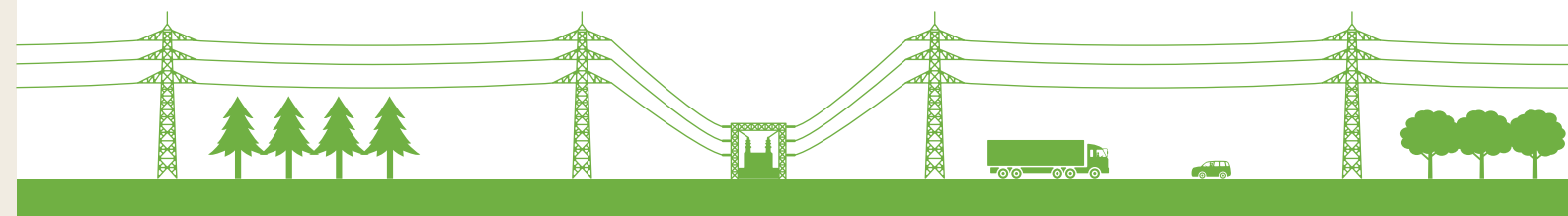
日立GE ニュークリア・エナジー株式会社 新規規制基準に対応する原子炉まわりのシステム設計に取り組む ————— 18

株式会社東芝 電力システム社 放射線防護の分野で、原子力発電所で働く人の安全を守る ————— 20



巻末資料

各国の電源構成とエネルギー自給率 ————— 22





日本のエネルギー事情

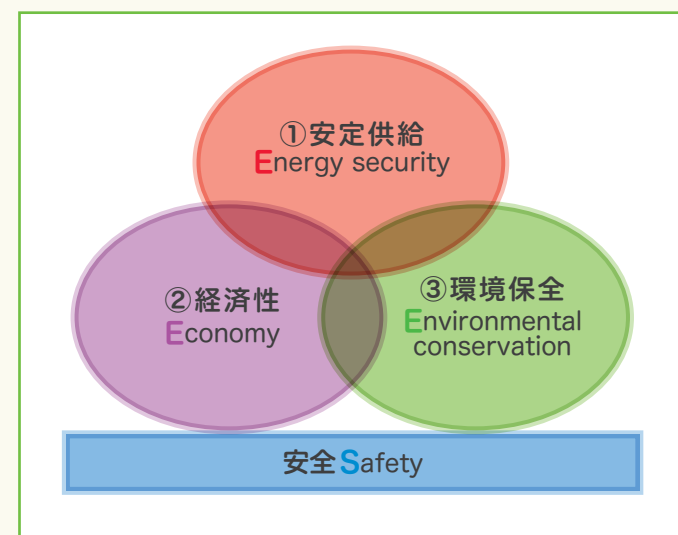
バランスのとれた「エネルギーミックス」が大切です

東日本大震災以降、電力を火力発電でまかなう状況が続き、燃料費の増大やCO₂排出量の増加が問題視されています。エネルギーの問題は、まず日本の実情を知り、エネルギー資源の最適な組み合わせ(エネルギーミックス)を考えていくことが大切です。

エネルギーを考えるうえで大切な「3E+S」

日本が将来にわたって安定した社会を築いていくためには、安全性はもとより①安定供給、②経済性、③環境保全の3つの視点からエネルギー資源の利用を考える必要があります。しかし発電方法にはそれぞれ長所と短所があります。

3Eを満たすためいろいろな発電方法を組み合わせることを「エネルギーミックス」といいます。資源に乏しい日本では、特定

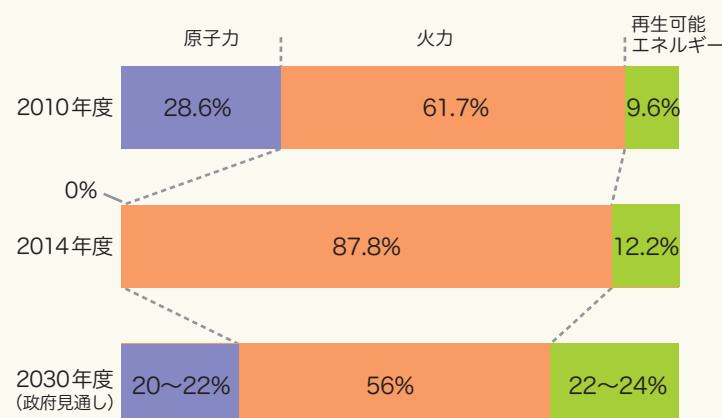


※これらの頭文字をとって「3E+S」と呼んでいます。

の電源に依存せずバランスのとれたエネルギーミックスを組み立てていくことが大切です。

政府は2030年時点の望ましい組み合わせとして、火力56%、再生可能エネルギー22~24%、原子力20~22%という見通しを示しました。原子力発電は、安全であることを大前提として、これからも重要な電源として活用していく必要があります。

■発電電力量構成比の推移



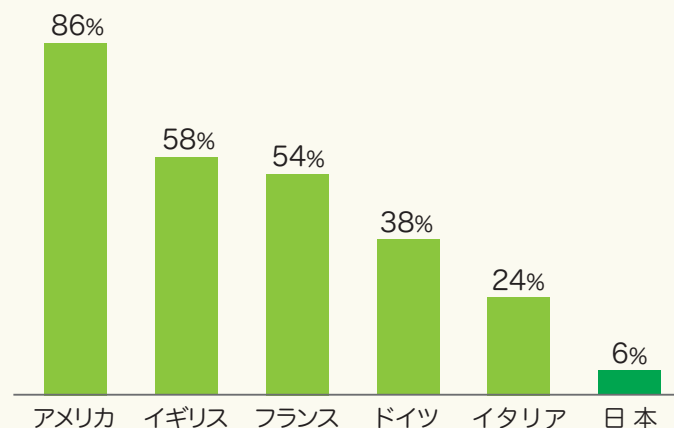
●資源エネルギー庁「電源開発の概要」などより作成

日本のエネルギー自給率は、わずか6%

日本は世界有数の経済大国でありながら、経済活動のもととなるエネルギーについては94%を海外からの輸入に頼らざるをえない資源小国です。日本のエネルギー自給率はわずか6%と、先進国の中で最も低い水準にあります。

日本のエネルギー供給の約4割を占めているのは石油です。石油は政治的に不安定な中東地域からの輸入に依存しており、将来も安定して供給されるか予測のつかない状況です。

■各国のエネルギー自給率(2013年) ※原子力を国産とした場合



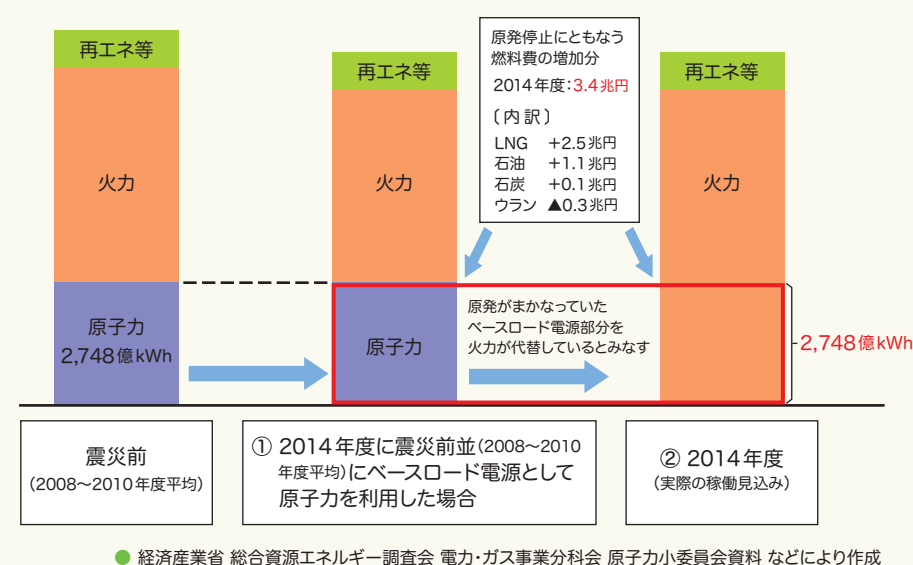
●IEA「Energy Balances of OECD Countries (2015 Edition)」などより作成

燃料費の海外支払いが増大

国内の原子力発電所のほとんどが停止している今、電力の9割は石油・石炭・天然ガスによる火力発電でまかっています。

このため、2014年度に日本が海外に支払った燃料費は震災前の2010年よりも3兆円以上増えたと報告されています。

■原子力発電の停止にともなう燃料費増加分の推計



〈試算の考え方〉

原子力発電は、ベースロード電源であり、仮に原子力発電が停止していなければ、需要の増減にかかわらず、震災前と同等規模の発電が行われると考えられます。よって、①震災前並(2008~2010年度の平均)にベースロード電源として原子力を利用した場合と、②原子力発電の停止により、これが火力発電で代替されている実態を比べ、これを原子力発電の停止にともなう燃料費の増加分(約3.4兆円)として試算されています。

また、その増加の要因は以下のとおりとされています。

- 化石燃料消費量の増加による要因が約7割(2.4兆円)
- 為替の影響を除いた燃料価格の上昇による要因が約2割(0.8兆円)
- 為替が円安方向に動いたことによる要因が約2割(0.6兆円)

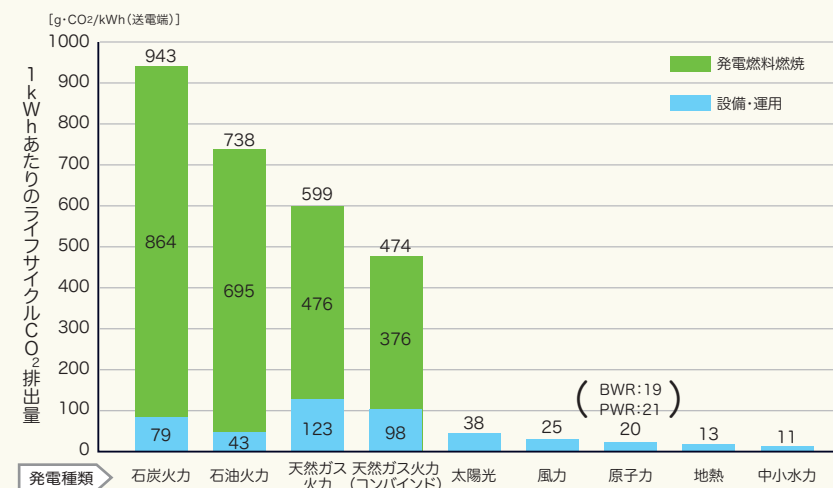
発電するときCO₂を出さない電源は

現在の日本では、火力中心の発電のためにCO₂の排出量が増加しています。このままでは、地球温暖化対策に影響をあたえます。

CO₂の排出が少ないエネルギー源として、原子力発電や再生可能エネルギー(太陽光、風力、水力、地熱、太陽熱、バイオマスなど)があります。

しかし、再生可能エネルギーは資源が枯渇しないという利点をもつ一方、天候に左右される、設備にかかるコストが高い、水力発電など新たな開発場所が少ないなどの課題もあります。これらの課題克服のため、国の支援施策や技術的な研究開発が進められています。

■発電別CO₂の排出量



●(一財)電力中央研究所「日本の発電技術のライフサイクルCO₂排出量評価(2010年7月)」より



新たな規制基準

日本の原子力規制は世界で最も厳しいレベルへ

福島第一原子力発電所事故を受けて原子力発電所の安全基準は大幅に見直され、新規規制基準が定められました。原子力発電所では、この基準に沿って設備の新設や運用体制の整備などの対策を実施しています。
新規規制基準適合後も継続してさらなる安全性向上に取り組んでいます。

福島第一原子力発電所事故の教訓から

福島第一原子力発電所事故では、津波の襲来によって原子力発電所内の重要な設備が被害を受け、非常用を含めたすべての電源が使用できなくなり、原子炉を冷却する機能を失いました。その結果、炉心溶融とそれに続く水素爆発により原子炉建屋が

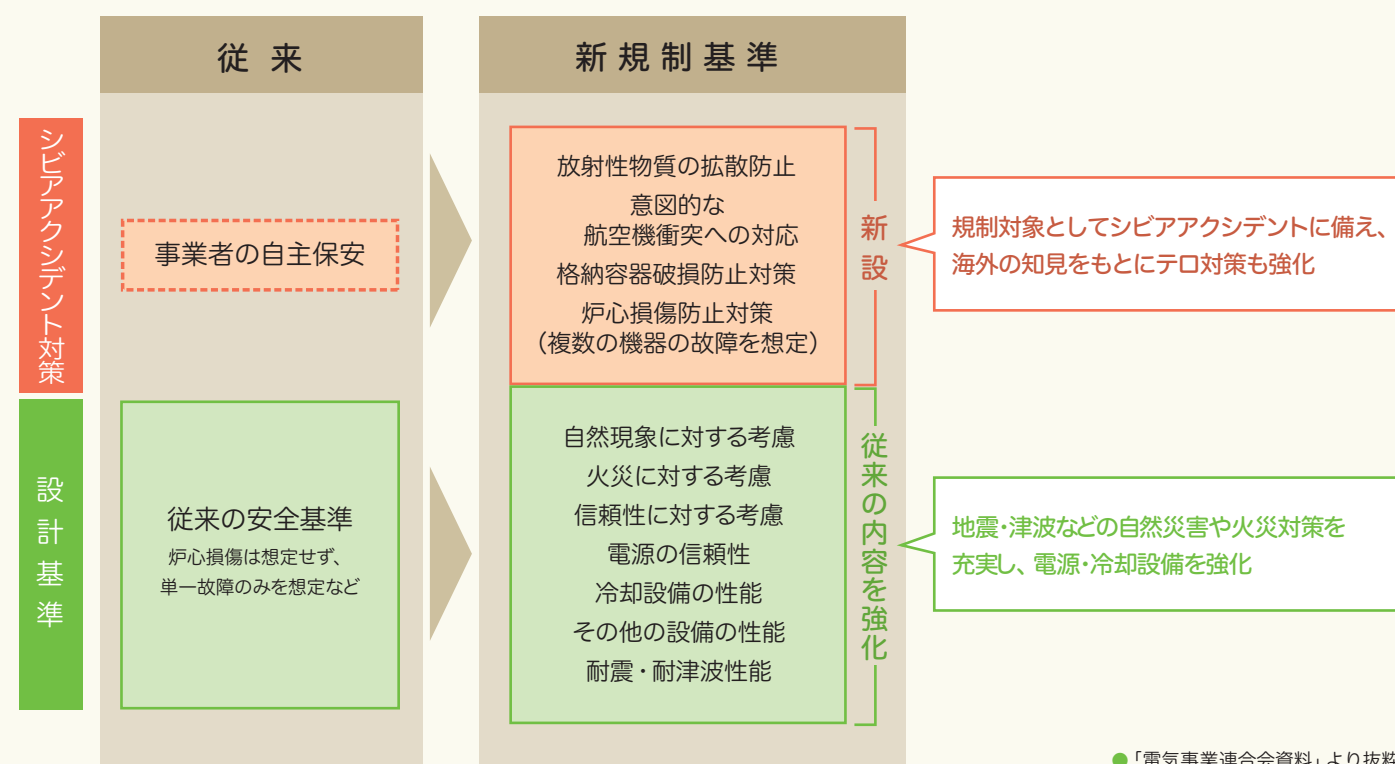
破損し、放射性物質が環境へ放出されてしまいました。
新たな規制基準では、今回の事故の検証を通じて得られた教訓が反映され、シビアアクシデント（設計段階での想定を超える過酷な事故）への対策が盛り込まれています。

新規規制基準とは

新規規制基準は、環境省の外局として新しく作られた原子力規制のための組織「原子力規制委員会」が策定しました。規制委員会は独立性と強い権限を持ち、基準に照らして原子力発電所の審査と評価を行います。規制委員会の審査に合格しなければ再稼働は認められません。

新規規制基準では、地震や津波への対策が強化されただけでなく、これまで事業者が自主的に実施していたシビアアクシデント対策が規制の対象となりました。
また、火山や竜巻などの自然災害や、火災やテロに対する備えについても新たな設計基準が設けられ、安全性が強化されました。

■新規規制基準のイメージ

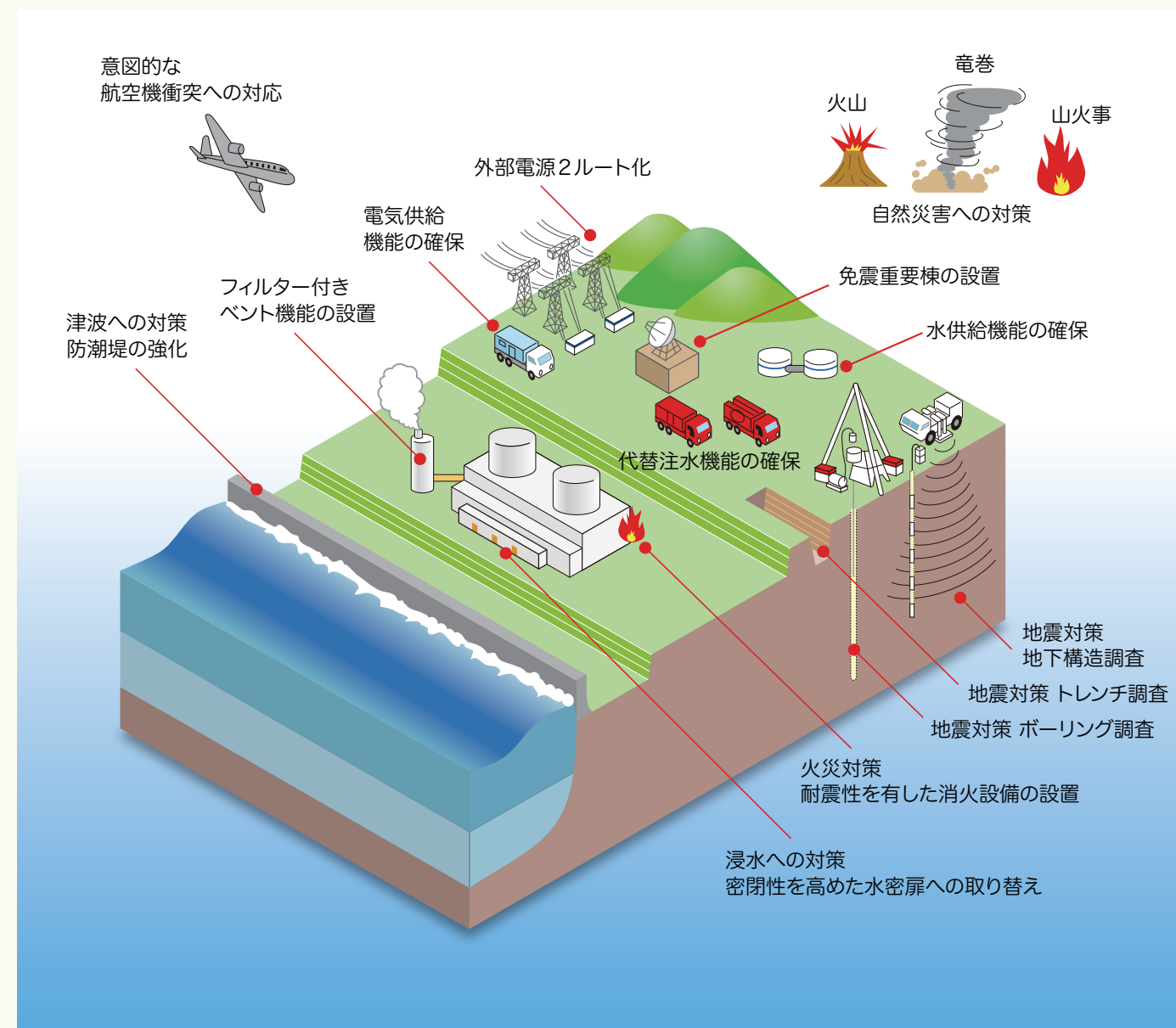


●「電気事業連合会資料」より抜粋

新規規制基準で求められる主な対策

電源や冷却手段の確保、耐震強化、浸水対策などに加え、シビアアクシデントの進展を食い止める新たな対策が求められます。
●炉心損傷を防ぐ
地震や津波などで複数の冷却設備が同時に機能を失う場合を想定し、多様な冷却手段を確保することで炉心の損傷を防ぎます。

●格納容器の破損を防ぎ、放射性物質の拡散を抑制する
万一、炉心が損傷しても、格納容器を破損させないための対策が求められます。炉心損傷が起きて格納容器の底に溶けた炉心が落下したとしても、それを冷やすための注水ラインを新たに設けるほか、格納容器内の圧力や温度を下げるため放射性物質を低減して排気する装置「フィルターベント」を設置します。





九州電力株式会社 ^{せんだい}川内原子力発電所

全国で初めて新規制基準に適合し 通常運転を再開する

九州電力川内原子力発電所は、約4年の運転休止・再開準備期間を経て新規制基準に適合し
1号機は2015年9月10日、2号機は11月17日に通常運転を再開しました。
環境広報担当の米丸賢一さんは発電所のさまざまな情報の公開業務に携わっています。
再稼働に至る安全対策の取り組みや広報活動についてお聞きました。



原子力発電所の安全性について 理解を促進する活動に従事

2010年7月から環境広報のお仕事をされているということですが、震災前と震災後ではどのような変化がありましたか。

震災前の2010年7月は川内原子力発電所3号機の増設に向けて順調に進み出していたときで、3号機増設に向けての進捗状況などの広報を行っていたのですが、国に増設の申請を行った直後に震災が起きました。震災後は3号機の増設が凍結状態となり、地域の方々から原子力発電に対する不安の声も聞こえてきたため、安全対策について広くご理解いただくことが主な仕事になりました。

発電所が動いていなかった期間は、再稼働に向けての活動をされていたということですね。

そうですね。東京では原子力規制委員会による新規制基準適合性審査への対応、川内の現場では土木工事や電気工事などハード面と



九州電力 川内原子力発電所
兼 川内原子力総合事務所
環境広報担当 次長
米丸 賢一さん
KENICHI YONEMARU



▲重大事故発生時に現地対策本部となる緊急時対策所

運用管理などソフト面での安全対策に取り組みました。私たち環境広報もお客さまに発電所で安全対策をじかに見ていただいたり、いろいろな会合や自治会長などを訪問して安全対策について説明を行うなど理解促進活動を進めました。

川内原子力発電所は固い地盤に設置されていて、敷地の海拔も高いそうですね。最初に再稼働となった背景に、やはりこうした立地条件があったのでしょうか。

川内原子力発電所は活断層のない地盤に設置されていることが確認されています。また、原子炉など主要設備のある敷地は海拔13mで、琉球海溝でマグニチュード9.1の巨大地震による津波に対しても十分な余裕があることが確認されています。審査の上では「地震の大きさの基準をどれくらいにするか」という議論と「どの程度の津波を想定するか」という議論がわりと早く収束したことが、再稼働に向けての大きな足がかりになったと思っています。

新規制基準に対応した 新たな安全対策

福島第一原子力発電所の事故は、津波のためにすべての電源を失い、原子炉を冷やす機能が使えなくなったことが原因とされています。これに対してどのような対策をとられていますか。

大津波に対する安全対策として、第一に浸水を食い止めること、そして電源を確保すること、さらに冷却水を送るポンプと冷却水を確保することが必要になります。

まず浸水を食い止める対策ですが、海に面した海水ポンプエリアの周辺に海拔約15mの防護壁を設置し、その外側をぐるりと囲むように海拔約8mの防護堤を設置しました。これらの高さは、琉球海溝のプレートが動いて発生するマグニチュード9.1の地震による津波を想定し十分な余裕をもって決められています。

次に電源ですが、電源供給手段を多様化することで安全確保を図っています。たとえば中央制御室からの遠隔起動が可能な大容量の空冷式発電機を設置しているほか、電源用の発電機を車両に搭載し、必要ときに必要な場所へ動かせるようにしています。また自主的な取り組みとして予備変圧器などの特高開閉所を高台に移設し、さらに信頼性を上げるために、発電所の外部から受電する対策も進めています。

冷却手段についても、常設ポンプに加えて可搬型の大容量ポンプ車、発電機と組み合わせたポンプ車、ディーゼル機関を搭載したポンプ車など、多様化しています。これらの発電機やポンプ車は6エリアに分けて配置し、リスクの分散を図っています。

福島第一原子力発電所では水素爆発が起こって原子炉建屋が壊れ、放射性物質が外に出てしまいました。水素爆発を防止する対策はどのようなものですか。

丸い大きな原子炉建屋の中には原子炉格納容器という厚さ3cmの鋼鉄でできた容器があります。福島第一原子力発電所では同じような構造物がありながら、燃料が空だきになって水素ガスが発生し、格納



▲冷却手段多様化のために配備された移動式大容量ポンプ車



インタビュー
宮崎 順子さん

テレビや舞台などに出演。
旅番組のレポートなども手がける。

JUNKO MIYAZAKI

1号機再稼働への道のり

| | | |
|-------|-------|---|
| 2013年 | 7月8日 | 福島第一原子力発電所事故の教訓や海外の規制動向を踏まえ、従来の安全基準の強化と、重大事故への対策を含めた「新規制基準」が施行された。 同日、川内原子力発電所に係る新規制基準への適合性確認のための申請書を提出。 |
| 2014年 | 3月13日 | 原子力規制委員会が川内原子力発電所1、2号機について、新規制基準適合性審査の「審査書案」を優先して作成することを決定。 |
| | 7月16日 | 川内1、2号機の「審査書案」を公表。 |
| | 9月10日 | 原子力規制委員会が「審査書」を正式決定。「原子炉設置変更許可申請」を正式に了承。 川内原子力発電所は全国で初めて、新規制基準を満たすと認められた。 |
| 2015年 | 3月18日 | 原子力規制委員会が1号機の工事計画認可を正式に了承。 |
| | 7月7日 | 1号機の原子炉に核燃料を装荷開始、10日に作業完了。 |
| | 7月23日 | 重大事故等発生時の1号機訓練に関わる保安検査が実施される(8月3日まで)。 |
| | 8月11日 | 10時30分、原子炉から制御棒を引き抜き、原子炉を起動。 |
| | 9月10日 | 国の最終検査項目である「総合負荷性能検査」が終了し、通常運転を再開した。 |



九州電力株式会社 川内原子力発電所

容器から漏れ出して建屋の上にたまって水素爆発が起きました。川内でも、万が一燃料まわりの水がなくなって空だきになれば、同じように水素ガスが発生すると想定しています。ただ、川内の格納容器は福島第一原子力発電所の1号・3号のタイプと比べて10数倍の大きさがあります。ポリウムが大きいと、仮に水素ガスが発生しても水素の濃度が低く抑えられることが確認できています。しかし新規制基準では水素爆発防止のための対策が求められたため、原理の異なる二つの装置をそれぞれ1号・2号の格納容器内に設置しました。

ひとつは触媒式で、触媒(白金あるいはパラジウム)を金属プレートの中に練り込み、その表面を通る間に水素濃度が低減されるという装置です。もうひとつは電気式で、ヒーターに電気を通し、その熱で強制的に水素を燃やす装置です。

また、万一格納容器が破損した場合を想定し、放射性物質の拡散を抑制するための放水砲を配備しました。原子炉建屋は地上高さが約60mあります。その屋根の上に1時間に千トンを超える水を放水砲を使って放水することにより、放射性物質をその場に落として拡散させないという役割を持っています。



▲見学の後には展示館へ戻り、質問に答える米丸さん

重大事故に社員自らが対応するための体制づくり

安全対策のため新たな設備や機器が設置されると、それを動かす人も必要になりますね。

震災直後は、今回配備したような大型重機やトレーラーを操作・運転できる資格を持つ社員は数名しかいませんでした。そこで私たちがまず取り組んだのは、九州電力の社員自らが作業ができるよう、これらの免許・資格を取得することでした。

そして、これはどこの発電所でも行っていることですが、万一のときに設備や機器を確実に使えるようにするための訓練です。たとえば



▲屋外の設備や車両は竜巻でも飛ばないよう鎖でつながれている(鎖のたるみは竜巻発生時に巻き取られ、張られた状態となる)

冷却水の供給に関しては、まず必要なものを必要なところに運べるようにする訓練、そして運んだポンプを着実に設置できるようにするための訓練を行っています。電源の供給についても、ケーブルの敷設を含め自分たちですべてできるよう訓練しています。放射性物質の拡散抑制については、地上70mまで放水できる放水砲の操作はもちろん、放水砲へのポンプの接続訓練も併せて行います。これらの訓練は、福島第一原子力発電所の事故以降、繰り返し行っているものです。

重大事故対策のために、どれくらいの人を確保されているのですか。

常に52名が宿直体制をとっています。震災以前は発電所近くにある独身寮に事故時の指揮者が4名、中央制御室に当直運転員12名という体制でしたが、当然この16名だけでは要員が不足するので発電所の外からも社員が駆けつけることになっており、道路が通れなければ山を通るなどの訓練もしていました。

しかし、新しい規制要求は、今この瞬間、いつどんな時でも重大事故は発生しうるという前提に立っています。そうすると、初期対応にあたる人が発電所の中にいなければなりません。52名から中央制御室の12名を引くと残り40名、うち指揮者4名を含む24名の九州電力社員



▲電源供給手段の多様化のための変圧器車と高圧発電機車

はすべて発電所内に寝泊まりします。残りの16名は協力会社の方で、発電所内または発電所近辺に確保しています。

毎日同じ人が宿直するわけにはいかないので、13の班が交替で勤務にあたっています。毎朝9時に引き継ぎ式を行い、ビブスとよばれるベストを渡すことによって引き継ぎをします。こうすることで、「あなたは52名のひとりですよ」とはっきり意識させるのです。このやり方は、薩摩川内市にある陸上自衛隊から「人前でしっかり意識づけをすることが大事」とアドバイスをいただいて始めました。

じっくりと時間をかけたからこそ円滑に進めることができた

運転休止中は運転時の経験を積むことが困難ではなかったかと思えます。どのような対策をとられていたのですか。

発電を行う部署に、この3年の間に入ってきた新入社員は、当然で



▲放射性物質の拡散防止のための放水砲

すが発電所が動いているのを見たことがありません。再稼働となると、そのような人たちも含めて現場を動かしていかなければならないので、運転休止中は近隣の火力発電所で実際に動いている状態や温度が高い配管の状態などを体験したり、ベテラン社員に来てもらって指導を受けたりと、さまざまな対策を講じてきました。

メンテナンスの部署では、休止期間中も年に1度は大きな点検をしますので、いつ稼働しても問題がないように機器の状態を保っていました。このように、それぞれの部署で綿密な計画を立て、しっかりと経験を積み、保全を行ってきた4年間でした。

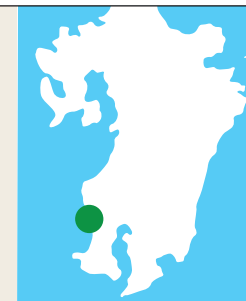
さまざまなご苦労があったと思いますが、米丸さん自身の体験やお気持ちはどうでしたか。

再稼働まで思った以上に時間がかかったように感じます。ですが、地元の方々にしっかりとご説明でき、また熱心に話を聞いていただけて、ご理解をいただくことができました。再稼働に対して地元の人々の大きな反対運動が起こることもなく、市議会、市長、県議会、知事のご判断もいただくことができました。たしかに時間はかかりましたが、じっくりと時間をかけたからこそ円滑に進めることができたのではないかと思います。

DATA

九州電力株式会社
川内原子力発電所

所在地：鹿児島県薩摩川内市久見崎町
従業員：約340名(協力会社を含めると約1,370名)
川内(せんだい)川が東シナ海にそそぐこむ河口にほど近い海岸部に位置する。1号機、2号機とも加圧水型炉(PWR)で出力は89万kW。



MESSAGE

現在の日本で、原子力は大切な選択肢のひとつです



米丸 賢一 さん

エネルギー資源に乏しい日本には、エネルギー確保という課題が常にあります。自然エネルギーも大事にすべきで、技術的にも期待できるものです。しかし、現在は火力発電に頼っている状態です。このことは石油などを政情不安定な中東に依存していると、何

かが起こったとき、日本はエネルギーを確保できなくなってしまいます。このような背景から、私たちは少なくとも現時点では、原子力という選択肢を失うわけにはいかないと考えています。みなさんも、川内原子力発電所を一度見学してみませんか。



JANSI 一般社団法人原子力安全推進協会

原子力のエキスパート集団として 安全性・信頼性の向上を牽引する

「重大事故を二度と起こしたくない」。

産業界の強い思いのもと、新たな規制基準を満たすだけでなく、基準よりもさらに高い安全性を求めるため、

原子力の安全を牽引する団体として生まれたのが JANSI(ジャンシ)です。

JANSIの活動内容と川内原子力発電所再稼働までの取り組みなどについて JANSIの中野益宏さんに聞きました。

原子力産業界の「自主規制組織」

JANSIとはどのような団体ですか。

JANSIは、福島第一原子力発電所事故の反省に立ち、「二度とこのような事故を起こさない」という原子力産業界の総意に基づいて平成24年に発足した自主規制・自主改善組織です。原子力事業者からは独立した存在で、経験豊富な原子力のエキスパートにより構成され、原子力施設に対し強い権限を発揮して安全性向上を牽引する役割を担っています。

JANSIの業務には、①安全性向上活動、②原子力施設の評価と支援、の2つの大きな柱があります。まず①では、各国の安全基準、安全性向上対策など国内外の最新情報を収集し、国内の各電力会社の取り組みと比較して足りないところがあれば指摘し、追加対策を提言したり改善を要求したりします。そして②では、定期的に原子力発電所を訪問して運営状況を観察し、「気付き」を伝え、足りないところを指摘して改善が進むよう支援を行います。

その中で、中野さんはどのような業務に携わられているのですか。

国内外の原子力施設のトラブル情報を集めて分析し、その中に国内の施設の改善につながるような教訓がないかを抽出して電力会社に伝えていきます。もちろん伝えるだけでなく、具体的な対策が実施されているかまでフォローしています。



▲再稼働第1号となった川内原子力発電所

また、「NUCIA(ニューシア。国内の原子力施設におけるトラブル情報のデータベース)」を運用・管理することも私たちの業務です。NUCIAにはすべての原子力施設で起こったトラブル事象とその原因、対策などの情報が集まります。それを見て私たちは各社に同じ対策を講じてもらうよう依頼をしたり、必要に応じてさらなる対策をお願いしたり、改善されるまでの支援活動をしています。

全電力会社が協力し ひとつひとつ課題を克服

日本の原子力発電所がすべてストップしていた中で、鹿児島県の川内原子力発電所が最初に再稼働を果たしました。ここではどのような対策が行われ、JANSIではどのような支援活動をしたのですか。

川内原子力発電所は、新たな規制基準に適合しているかどうかの審査対象として、トップバッターに選ばれました。

JANSIは電力会社、原子力施設の機器メーカーのエキスパートと協働グループを立ち上げ、福島第一原子力発電所の事故を分析して「どのような対策を行えば事故は防げたか」、「事故の拡大を防止できたか」をまとめる作業を行いました。それに応じて川内原子力発電所で施設の工事などを行い、安全性向上のための対策を実施しました。

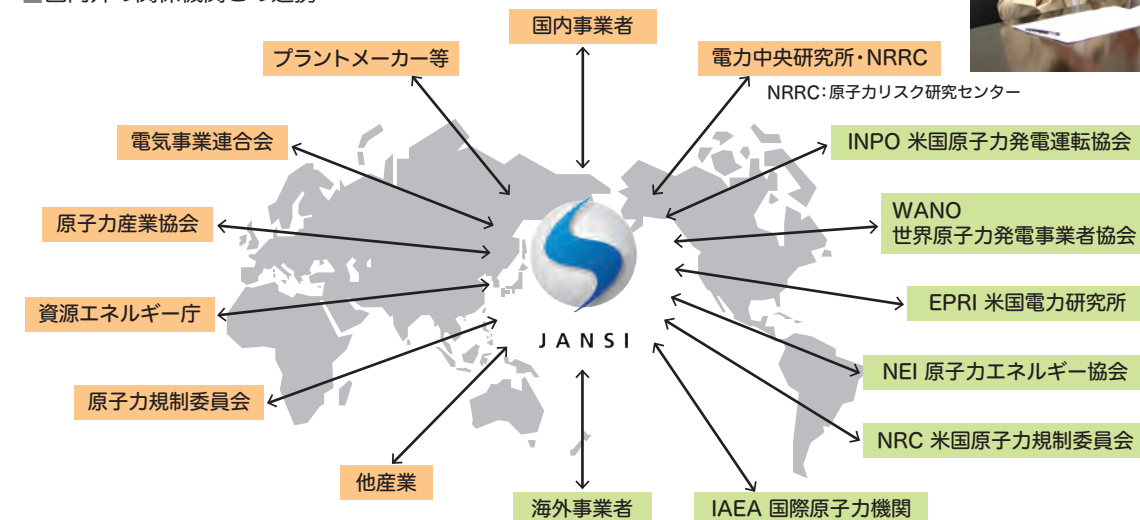
その間JANSIは随時、発電所を訪問して状況を調査し、足りないところがないかを確認し、気付きを指摘して、現場の準備を支援してきました。また、国会、政府、民間、東京電力、海外など主要な事故調査報告書から得られた約350の教訓を約50にまとめて各電力会社に伝え、取り組みを促すとともに進ちょく状況を調査しました。

中野さんも川内に行って支援をされていたそうですね。事故後最初の立ち上げということで緊張やプレッシャーも大きかったのではと思います。

そうですね。原子炉の起動前に改善するべきところがきちんと改善されているかを確認するため私が駐在員として派遣されましたが、プレッシャーは並大抵ではありませんでした。産業界としても“第1号”ということで緊張感を持って臨んでいましたので、全電力会社が協力し、各社からエキスパートを派遣するなどして準備を万全にできました。

川内原子力発電所の立ち上げは、企業の枠組みを超えて多くの
人たちが協力し、努力を積み重ねた結果なんですね。

■国内外の関係機関との連携



MESSAGE

日本のエネルギー問題を長期的な視点で考えてほしい



中野 益宏 さん

資源の乏しい日本で、①エネルギーの安定的な確保、②CO2問題をはじめとする環境対策、③安価な電気の供給、という条件を満たすためには、代わりになるような革命的な発電システムが開発されるまでの“つなぎ”であるかもしれないけれど、原子力発電の安全

性を高めて使っていくことが必要だと考えています。福島第一原子力発電所事故の反省に立って、JANSIを含め産業界は着実に原子力の安全性の向上を進めています。原子力を今後どうしていくか、長期的な視点に立って考えていただければと思っています。



四国電力株式会社 伊方発電所

運転再開を目指して さらなる安全性向上に力を注ぐ

四国電力伊方発電所では、運転再開に向けてさまざまな設備の安全対策を着実に進めています。

入社7年目の市田しおりさんは計測制御設備の点検・整備を担う、女性では数少ない技術者。

これまでの仕事や日々の思いなどをお聞きました。

四国電力との出会いは中学時代 当初から原子力部門を目指す

女性の技術職はまだまだ少ないかと思います。学生のころから技術職を志望されていたのですか。

はい。私と四国電力との出会いは、中学生のときに参加した伊方発電所の見学会でした。そのとき私が質問したことについて、後日、あらためて四国電力の方から、とても丁寧な回答をいただいたことが強く心に残っていました。その後、地元の工業高等専門学校に進み、将来の進路を考えた時、身近な存在として印象に残っていた四国電力を目指しました。理系の科目がすごく得意というわけではなかったんですけどね。(笑)

当初から原子力発電所で仕事をされていたのですか。

最初から原子力部門を希望しました。伊方発電所に配属されて3年間は1、2号機の運転員として当直勤務についたのですが、夜勤もあり、慣れない環境で最初は戸惑うこともありましたが、でもそんな新人の私に対して、先輩方は、本当に丁寧に仕事を教えてくださいました。また、原子力部門の技術系女性社員は私でまだ3人目でしたから、会社からもきめ細かな配慮をいただき、すぐに業務に集中することができました。



インタビュー

宮崎 順子さん

JUNKO MIYAZAKI

四国電力伊方発電所
保修部 計装計画課

市田 しおりさん

SHIORI ICHIDA

現在はどのような分野に携わられていますか。

今私は、「計装計画課」に所属していて、流量計や水位計・温度計といった計器や制御機器の点検整備を行っています。発電所では発電していないときにも、さまざまな設備が動いているのですが、私はそれら設備についている計測・制御機器の点検や不具合が出た際の対応を行っています。また、新しい規制基準に対応するために設置した設備のメンテナンスも担当しており、いつでもその設備を使えるよう、点検計画の立案などにも携わっています。

安全への思いも新たに、 モットーは正確さ、迅速さ

福島第一原子力発電所の事故が起こったときは、どのようなことを考えられたのでしょうか。

前例のないような災害だったので、直後は何かを考えられる状態ではありませんでした。でも今は事故の教訓から、「まずこんなことは起こらないだろう」という想定外のことも、「万一起こったらどうするか」を考えるようになりました。

また、普段の仕事では、正確さと迅速さの向上を心がけています。発電所の設備は万一トラブルが起きても、代替設備などでその機能をバックアップできるよう構成されていますが、対応は「ミスなく、できる限り速く」が基本です。このため、設備にどんなトラブルが起こり得るのかを日ごろから考えておくことも大切だと思います。今は日々勉強ですね。

毎日の仕事が鍛錬の場でもあるということですね。苦勞されていることや課題などありますか。

同じ職場の先輩方と比べ、私はまだ経験年数が浅く、仕事を知識として学ぶことは出来ても、実際の作業経験の不足は否めません。このため、今は少しでも時間があれば現場に足を運び、実際の作業を確認するように心がけています。新しい設備が多くなってきたので、設計・設置部門からの情報をきちんと引き継いでメンテナンスに反映することも課題の一つです。

また、先日、防災訓練が行われましたが、一瞬の判断を必要とされる



場面でも、落ち着いて状況を確認し、対応する先輩方を見て、私もこれから訓練を重ね、的確な対応のできる技術者にならなければと強く思いました。

発電所が担う役割を考えながら 技能を磨き、業務に取り組む

市田さんにとって伊方発電所は中学生のころから大切な場所だったと思いますが、再稼働に向けてどのような思いがありますか。

電気供給の源である発電所は社会的に大きな役割を担っていて、原子力発電所を運転できるかどうかは、電力の安定供給に大きく影響します。

私にとって伊方発電所は大切な職場ですから早く再稼働してほしいですし、それによって安定供給に貢献できればと思っています。そのためには、まず安全面で信頼されることが大切です。今後はさらに技能を磨き、再稼働の際の点検や新しい設備の運用などの業務への理解を一層深めていきたいですね。

これから社会に出ていく人たちに伝えたいことは。

私は行きたかった工業系の学校へ進んで、今の会社に出会うことができました。皆さんも自分が行きたいと思う会社や、これまで学んできたことを活かせる職場を見つけて、強い意志を持って目指してほしいと思います。

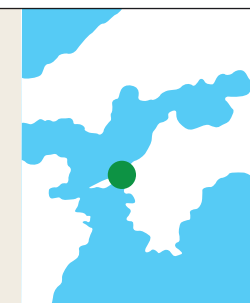


▲中央制御室

DATA

四国電力株式会社
伊方発電所

所在地：愛媛県西宇和郡伊方町
従業員：約 350名（協力会社を含めると約 1,700名）
佐田岬半島の瀬戸内海側にある四国で唯一の原子力発電所。出力は1、2号機が56.6万kW、3号機が89万kW。原子炉の型式はいずれも加圧水型（PWR）。



MESSAGE

現場では、今まで以上の安全対策に日々尽力しています



市田 しおり さん

福島第一原子力発電所の事故があり、今は原子力というと不安を覚えたり、原子力に対して信頼することが難しいかもしれませんが、しかし現場で働く人たちは何よりも安全を第一に、今まで以上の安全対策に力を尽くしています。万が一事故があった場合にも

迅速に対応できるように、日々訓練を行い、知識と技術を深めています。現場ではそういった努力をしていることを知っていただければと思います。



安全への取り組み・メーカー編 ―①―
三菱重工業株式会社 エネルギー・環境ドメイン

プラントの設計から工事まで 川内原子力発電所の再稼働に尽力

三菱重工業株式会社は九州電力川内原子力発電所の再稼働にあたり、新規規制基準に適合させるための主要なプラント設備の設計、製造、設置を行いました。再稼働までの道のりについて横山知統さん、浦田恵子さん、田中さや香さんの3人にお聞きました。

新規規制基準に合わせて 安全対策工事を具体化する

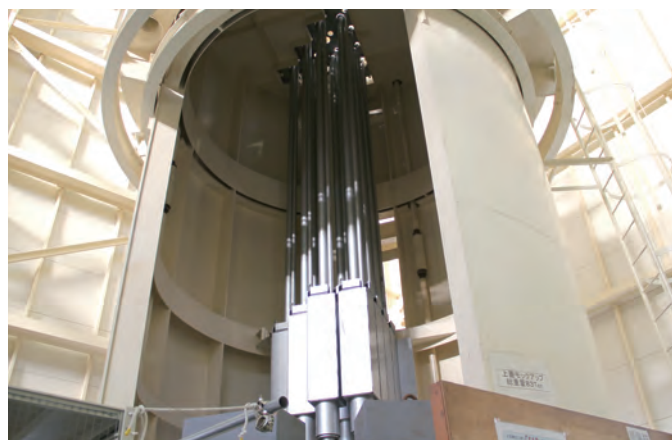


原子力事業部 建設・保全技術部
軽水炉保全プロジェクトグループ 上席主任

横山 知統 さん
TOMOTSUNA YOKOYAMA

新規規制基準に対応するための安全対策工事のなかで、横山さんはお客さまである九州電力と三菱重工をつなぐとりまとめ役を、現地で担っていました。具体的には、電力会社からの要求事項をかみ砕いて、それを社内の設計部門や工事部門に伝え、工事の詳細を決めていく仕事です。再稼働までの1年8カ月を現地で過ごしました。

「新規規制基準が施行されて初めての取り組みだったので、お客さまも私たちも、すべてが手探りでした。原子力プラントを納めた経験はあっても、新規規制基準ではこれまで以上の対策が求められるため、経験していないことの連続だったのです。文章で書いてある新規規制基準に対して、具体的な設備はどうするのか、設計部門も含めた全員で考えました。全員がベストを尽くしていましたが、



▲敷地内の訓練センターにある実物大の原子炉上部の模型

本当にこれで正しいのか、常に自問しながらの日々でした」と横山さんは当時を振り返ります。

予定どおりに作業が進まないこともあったそうですが、「不安に思うことはあっても、苦労とは感じていませんでした。工事をする」と設備がよくなり、求められている安全対策がしっかりできるようになるのです。この先の安全対策もしっかりやっていきたい」と横山さんは意欲に満ちています。

現地のスピーディな仕事を 支援する遠隔会議システム



原子力事業部 建設・保全技術部
管理課 上席主任

浦田 恵子 さん
KEIKO URATA

横山さんをはじめ現地で働く人たちが少しでも時間を有効に使えるようにインフラ面からサポートするのが遠隔会議システムを担当する浦田さんの仕事です。ウェブカメラを利用した会議システムや、携帯電話ひとつで参加できる電話会議システムなどを配備し、川内、神戸、東京といった遠隔地にいる人がいつでもコミュニケーションをとれるようにしました。使いやすい仕組みにするための設備調査から、使用手順の作成、誰でも使えるようにするための説明やサポートなどを行っています。

離れたところにいる人たちが一堂に会し、音声はもちろん資料やデータも映像によって同時に共有できるので、現地の横山さんも神戸との打ち合わせなどで頻繁に利用したそうです。

「できるだけ早く再稼働したいという気持ちが現地のみんなにあり、何事にもスピーディに行動することを心がけていました。このためウェブ会議のような時間短縮につながるシステムを整えてもらったことは本当に助かりました」と横山さん。

浦田さんも、スピードを大事にしています。「私に連絡が入るときは、会議システムがうまく使えない、つながらないなどのトラブルが起きた場合が多いので、とにかく素早い対応が求められます。例えば配線が1本違っていても映像が出ないというトラブルになるため、どこが違っているのかを一つ一つ確認し、できる限り早く円滑な業務ができる状態にするよう努めています」

想定以上の災害にも安全に 原子炉を停止させるために



原子力事業部 機器設計部
炉内構造物設計課

田中 さや香 さん
SAYAKA TANAKA

田中さんは炉内構造物の設計を担当しています。原子力発電所は基本的に「止める」「冷やす」「閉じ込める」という考え方で安全を確保するよう設計されますが、その中の「止める」の部分、大きな地震などの緊急時に制御棒を素早く挿入して原子炉を停止する機能を解析して評価するのが田中さんの仕事です。

「設計担当ではありませんが、設計図を引いてものをつくる設計ではありません。核の反応を止める制御棒が何秒で入るのか、地震のときもきちんと規定時間内に入るのかという解析をしています。新規規制基準によって想定される地震への対策が見直されていますが、そのような状況下でも制御棒がきちんと入るかどうか、その評価手法が妥当であることを原子力規制庁に認めてもらい、結果を次の行程にバトンタッチします。次の行程のインプットに



なるようなデータをつくっていくことが私の仕事です」

「川内原子力発電所の新規制基準への適合性審査にあたっては、揺れが次第に大きくなるような状況でも制御棒が確実に挿入されるかを評価する手法の妥当性を検証、九州電力が原子力規制庁に説明し、返ってきた指摘事項に対応する、ということを繰り返しました」

世界最高水準といわれる厳しい新規規制基準に対し、「認めてもらう」ことの難しさを実感したという田中さん。「資料をつくるときも、読む人それぞれのニーズや背景を思いつつ、相手に伝わるように、相手のことを考えながら文書を作成するようになりました。川内の対応で学んだことを生かして、これから申請するプラントもすべて審査が通るよう取り組んでいきます」と田中さん。その経験から、相手のことを考えることを重視するようになったといいます。

DATA

三菱重工業株式会社
エネルギー・環境ドメイン
(原子力関連主要拠点)

所在地：兵庫県神戸市
原子力関連事業は1958年にスタート。加圧水型原子炉（PWR）分野で数々の実績がある。

MESSAGE

「だめ」と決めつけないことが大切



川内原子力発電所は、いろいろな人が多くの努力を重ねて再稼働という一歩を踏み出しました。福島事故で「原子力は終わった」と感じた人は多いかもしれませんが、だめかもしれないというような時でも、何かしら道はあるのかなと思います。

田中 さや香 さん

私の仕事でも、もうだめだと思ったときに皆で知恵を出し合った結果、「妥当」という結論が出たこともあり、だめと決めつけないことが大切だと感じました。原子力業界に限らず、どんな分野の仕事でも壁や困難はあると思いますが、あきらめず頑張ってほしいと思います。



安全への取り組み・メーカー編 ― ②
日立 GE ニュークリア・エナジー株式会社

新規制基準に対応する原子炉まわりのシステム設計に取り組む

日立GEニュークリア・エナジー株式会社では、原子力発電プラントの研究・開発から設計、製造、建設、保守まで幅広い業務を行っています。原子炉まわりのシステム設計を担当する串間有紀子さんに、現在取り組んでいる仕事についてお聞きました。

高度な安全基準に応えるための新しい設備設計に取り組む



串間さんは原子炉建屋内に設置される原子炉まわりのシステム設計を担当している設計技師です。原子炉建屋とは発電所の心臓部である原子炉を格納している建物です。建物内には原子炉のほか、水を循環させる装置、非常時に熱を取り除く装置など約30のシステムが収まっています。串間さんの仕事はそれぞれのシステムについて、求められる性能や大きさ・数などを考え、原子炉まわりのシステム全体の仕様を決めること。現在は中国電力島根原子力発電所2号機について、新規制基準を満たす設備の新設や、既存設備の強化のための設計を行っています。

新規制基準では、地震や津波などの自然災害によって通常の安全機能がいっせいに失われた状態になったとしても、原子炉格納



▲放射性物質の排出を防ぐフィルターベント装置

容器の損傷を防ぎ、事故の進展を食い止める対策が求められています。串間さんはそのための新たな設備の設計に取り組んでいます。例えば、放射性物質の放出を最小にするフィルター付きのガス排出システム(フィルター・ベント)もその一つです。また、津波が来ても建物に水が入らないようにする、あるいは万一、水が入ったとしても機器をコントロールできるようにするといった既存設備の強化にも取り組んでいます。

安全は「人」がつくるものだから、できることは徹底的に

システム設計は原子力発電プラントの設計においてスタート地点を担う仕事であるため「ここで間違いがないよう、基準にも照らしながら、この設備はこれでいいのか、何度も細かく確認しながら作業を進めます」と串間さん。それでも途中で仕様を変更したり、設備を追加したりする必要がでてきて、調整や対応に力を尽くしてきました。

「最終的に現地に“モノ”が据えつけられるまでにはさまざまな部署や、大勢の人の協力が必要です。みなさんの協力を得て次のステップへ仕事をつなげていくのは苦労の連続ですが、安全のためにできることはとことんやらなければならないと思います」

「打ち合わせや会議など、人に何かを伝えなければならないときは、なるべく直接会って対話することを大切にしています。会って話したほうが、難しい話でも理解し合えて決定も早いのではないかと思います」

気がつくと、打ち合わせや会議で1日が終わっていた、ということも。さまざまな設備の設置を進めることで安全対策に取り組んでいます。それをつくるのも、運用するのも「人」です。串間さんは部署内のチームワークや部署を超えた連携、そしてお客さまである電力会社との信頼関係を何より大切にしています。



1日も早い運転再開を目指して日々、万全を尽くしています

電力の多くを火力発電に頼っている今、停止している原子力発電所の運転をできるだけ早く再開し、エネルギーミックスをバランスのとれた状態に近づける必要があります。そのためには、発電所の安全対策が新規制基準に適合しているかどうかの審査に合格しなければなりません。

串間さんの担当する島根原子力発電所2号機については、今後、再稼働前にいくつかの審査があります。まず、発電所の基本設計が基準に適合しているかを調べる安全審査があり、この後、安全のために設置した設備に問題がないかの審査があります。これらに合格し認可を受けると、現地に設置した後の検査(使用前検査)があり、すべてに合格して、初めて再稼働に必要な規制上の手続きが完了することになります。1日でも早く発電所を立ち上げるため、串間さんたちは日々、時間とたたかいながらの作業を続けています。

串間さんは「これからの審査こそが私たちの設計が問われる正念場です。まだまだ緊張する日々が続きますが、再稼働に向けて一步一步、万全を尽くして頑張ります」と意気込みを語りました。



▲最新の改良型沸騰水型原子炉 (ABWR) の仕組みを説明する模型展示

DATA

日立 GE ニュークリア・エナジー株式会社

所在地：茨城県日立市
日立製作所とアメリカのゼネラル・エレクトリック社 (GE 社) の合併によって設立された会社。主に沸騰水型原子炉 (BWR) に関連する設計、製造や保守を行っている。

MESSAGE

社会的責任をともなう仕事だからこそ、やりがいも感じられる



原子力発電所はまず安全が第一で、安全があってこそその供給安定性、経済性、環境性だと思っています。現場で働く人たちが、その気持ちを忘れたことはありません。

原子力発電所はたくさんの人々の暮らしを支える大切な設備です。福島第一原子力

串間 有紀子 さん

発電所の事故のあとは、その是非を含め社会から常に注目されており、社会的な責任をひしひしと感じながら日々仕事をしています。逆に、そのことがやりがいでもあります。将来、この分野に関わる人が少しでも増えるといいなと思っています。



安全への取り組み・メーカー編 ―③― 株式会社 東芝 電力システム社

放射線防護の分野で、原子力発電所で働く人の安全を守る

株式会社東芝の原子力安全システム設計部では、原子力発電所の再稼働に向け、新規規制基準に対応して原子力発電所に導入される安全対策の基本設計を担っています。現場で働く人を放射線の被ばくから守るための「遮へい設計」について、松下郁さんにお聞きました。

「事故を収束させるため 現場に残る人たち」を守る



原子力事業部
核子エンジニアリングセンター
原子力安全システム設計部

松下 郁さん
KAORU MATSUSHITA

松下さんはリスク評価、被ばく評価、放射線評価などを行うグループに所属し、放射線の遮へい設計を担当しています。再稼働のための対応として、原子力発電所での万一の事故を想定し、現場で働く人が放射線から防護され安全な環境で作業できるかどうかを、放射線の線量などを計算することにより評価しています。

新規規制基準では、万一重大な事故が発生した場合でも、中央制御室や緊急時対策所の運転員や対策要員の人たちが、事故収束のための作業を安全にできることが必要です。松下さんは「事故を収束させるため現場に残る人」のための仕事であることを常に意識しながら仕事にあたっています。

「新規規制基準に対応する事故を収束させるための機器がありま

すが、事故が起こったときは、これ操作する現場の方がいることもあります。私たちは、実際に事故が起こったら現場はどのような状態になるのか、放射性物質がどこまで到達するのかを正しく想像し、評価しなければなりません。原子力発電所は大きなシステムですから、その状態を自分ひとりで把握するのは困難です。そこで社内の関連課や電力会社さんと検討を重ねて、正しく把握したうえで評価の条件に反映するよう心がけています」

正しい評価のために 何度でもやり方を見直す

規制基準が見直されたことで、これまで設計の常識とされてきたこととは異なる考え方や手法も必要になりました。松下さんたちは部門全体で培ってきた技術を最大限に生かし、新規規制基準を満たす遮へい設計に全力で取り組んでいます。

「今まで積み上げてきた経験があっても、新しい基準を満たすための評価となると、どのような結果になるのか想像がつかないところもありました。評価方法を何度も見直し、関連部署の専門技術者も交えて納得がいくまで検討を重ねています」と松下さん。深夜まで議論や作業が続くことも、たびたびあったそうです。

「福島第一原子力発電所の事故があってから『現場に人が行く』ということを忘れたことはなく、納得できるまで評価方法や条件



▲社屋前に展示されている世界最大級の52インチタービン

を見直すのは当たり前のことと思っています。自分の仕事が原子力発電所の安全に直結していると考えたとき、怖さがないといえましょうになりますが、怖いからこそ正しい評価のために一つ一つ確認しながら進めることが大切だと思います。また、そうすることで落ち着いて仕事に取り組むことができますし、緊張感のある仕事だからこそ、評価が妥当であると判断されたときは大きな達成感があります」

リスクを可能な限り ゼロに近づけるために

再稼働のための適合審査では、審査が進むにつれて多くの議論がなされ、当初の新規制基準よりもさらに深く多面的な検討が求められるようになってきました。松下さんたちはそれに対応していくとともに、規制基準を超えた安全性を求めて自主的な取り組みを行っています。

「世界一といわれる厳しい規制基準に適合すると判断された場合でも、リスクがゼロになるわけではありません。残るリスクをできる限り減らすため、新しい知見や技術を取り込んで、基準の範

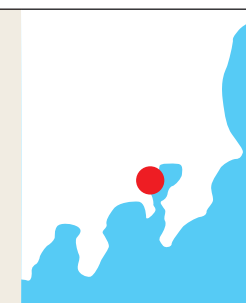
囲を超えた『自主的安全性向上』と呼ばれる取り組みを継続して行っています。福島第一原子力発電所の事故での教訓を忘れずに、原子力発電所の安全性、信頼性を高める開発に貢献していきたいと考えています」



DATA

株式会社 東芝 電力システム社
核子エンジニアリングセンター

所在地：神奈川県横浜市
核子エンジニアリングセンターは東芝の原子力事業の中心となる施設。沸騰水型原子炉(BWR)と加圧水型原子炉(PWR)との両分野の技術を保有している。



MESSAGE

原子力の多様な情報を知って、必要性和リスクについて考えてほしい

松下 郁さん



エネルギー資源のほとんどを輸入に頼っている日本では、多様な資源を確保することは大切です。再生可能エネルギーへすぐに切り替えるのは難しく、原子力発電は今後も重要な役割を担っていくと言われています。原子力発電についてはメディアの報道以

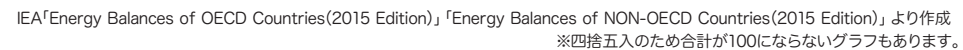
外にも、電力会社や規制委員会のホームページで発電の仕組みから安全対策まで様々な情報が公開されています。みなさんには、いろいろな情報から原子力発電を知っていただき、必要性やリスクについて考えてもらえたらと思います



▲沸騰水型原子炉(BWR)炉心部の模型



▲こちらは改良型BWRを10分の1で再現した模型



2016年3月発行